



TITLE:

# 多感覚統合による物体の質感知覚 の脳内メカニズム( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

金, 侑璃

---

CITATION:

金, 侑璃. 多感覚統合による物体の質感知覚の脳内メカニズム. 京都大学  
, 2020, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22296>

RIGHT:

( 続紙 1 )

京都大学	博 士（理 学）	氏名	金 侑璃
論文題目	多感覚統合による物体の質感知覚の脳内メカニズム		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>周囲の環境を正しく認識するためには、複数の感覚種の情報を統合する必要がある。ヒトでは後頭-側頭-頭頂葉の境界部に位置する連合野が特に発達しており、視覚・聴覚・体性感覚等の情報の統合がより複雑に行われる。本研究は、感覚の中でも触覚と視覚の関係に着目し、多感覚統合による質感知覚の脳内メカニズムを明らかにすることを目的とした。従来の研究から、硬さ知覚は触覚情報だけでなく、視覚情報からも影響を受けることが知られている。</p> <p>鏡を用いるmirror visual feedback (MVF) を利用した行動研究により、実際の触覚情報と一致しない視覚情報を受け取ると、その視覚情報によって硬さ知覚が変化することが示されている。本研究は、この先行研究を参考にして、視覚情報により硬さ知覚が変化する現象に関わる脳部位を同定することを目的として、行動実験および機能的磁気共鳴画像法（functional magnetic resonance imaging; fMRI）によるイメージング実験を実施した。</p> <p>先行研究では、被験者がイスに座った状態であったが、fMRI実験のために仰臥位でも同様の結果を確認するため行動実験を実施した。右利きの健常成人6名を対象として、MRIスキャナー内で仰向けに横たわってもらい、MVFを用いて視覚情報により硬さ知覚が変化する硬さ評定課題を行った。右手は鏡の裏側で見えない状態にした。右手指では中間の硬さのパッドを触ってもらった。一方の左手指では、硬い・中間・柔らかいという3種類のパッドを触ってもらった。被験者には、鏡に映った左手指があたかも右手指に見えるように鏡を配置し、鏡に映った左手指を見ながらパッドを触ってもらった。その結果、柔らかいパッドを触っている左手指を観察している時には右手指で感じるパッドが柔らかく、硬いパッドを触っている左手指を観察している時には右手指で感じるパッドが硬くシフトする現象が確認された。本研究では、右手指は常に同じ硬さのパッドを触っているので、触覚入力には常に一定である。またモーションセンサーを使った解析から、パッドを押す右手指の動きも一定であった。手の動きを伴うアクティヴタッチに関与する脳部位をfMRI実験で調べる際には、触覚情報と運動情報の分離が困難であるが、本研究ではMVFを用いた実験環境を工夫することにより、手指の動きは一定だが、異なる硬さ知覚を得ることでこの問題を解決できた。また、仰臥位でも視覚情報によって硬さ知覚が変化することが確認できた。</p> <p>次にfMRI実験を実施した。多感覚統合に関わる脳部位を調べるために、右利きの健常成人22名を対象として行動実験と同様の手続きで実験を実施した。MRIデータはマルチボクセルパターン解析法（multi voxel pattern analysis; MVP解析法）で解析した。結果、右半球の感覚運動野（SMC）、両側の前部頭頂間溝（aIPS）、頭頂弁蓋部（PO）と後頭側頭皮質（OTC）が関わっていることが判明した。先行研究から、OTCで活動がみられた部位は高次視覚野であり、手や足や体幹などの身体部位の視覚情報を処理している有線外皮質身体部位領域（EBA）と同定された。また、POは第二次体性感覚野として触覚認知に関与することが知られている。aIPSは視覚や触覚の高次の領域であるだけでなく、多感覚統合に関与することが知られている。また、前部頭頂間溝は多感覚統合に関与する領域として知られている。</p> <p>以上のことから、鏡に映った左手指の動きの情報がEBAで処理され、それがaIPSに送られて、POからaIPSに送られる右手指からの触覚情報と統合されると考えられる。aIPSとPOの間には強い相互結合が存在する。主観的な硬さ知覚は、このaIPSとPO間の神経ネットワークによって生み出されることが示唆された。これらの結果は、ヒトで特に発達した多感覚統合の脳内メカニズムを明らかにする重要な知見である。本研究結果は、国際学術誌に論文発表されている。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

金侑璃氏が行ったのは、霊長類の中でもヒトで特に発達した多感覚統合の脳内メカニズムを調べる研究である。本研究では、感覚の中でも触覚と視覚の關係に着目し、多感覚統合による質感知覚の脳内メカニズムを明らかにすることを目的としている。鏡を用いるmirror visual feedback (MVF) を利用した。右手は鏡の裏側で直接見えない状態とし、右手指では中程度の硬さのパッドを触ってもらい、他方の左手指は、硬い・中程度・柔らかいという3種類のパッドを触ってもらう条件を作った。被験者には、鏡に映った左手があたかも自分の右手指に見えるように鏡の位置を調整し、その鏡に映った左手指を見てもらった。右利きの健常成人6名で調べたところ、柔らかいパッドを触っている左手指を見ているときには右手指で感じる硬さが柔らかく、硬いパッドを触っている左手指を見ているときには右手指で感じる硬さが硬くシフトする現象が確認された。まず、視覚情報によって硬さ知覚が変化することを示した。

本研究で注目すべき点は、解析対象としている右手指では常に同じ硬さのパッドを触っていたので、触覚入力に一定にできている点である。また、手指のパッド内への落ち込み度合いも一定であることを確認しており、手指運動自体も一定となるように工夫されている点である。自らの手の動きを伴うアクティヴタッチでは、通常は触覚情報と運動情報の分離が困難であるため、脳機能との関連を検討することが困難であるが、本研究では実験環境を工夫することにより、この問題を見事に解決している。

次に健常成人22名を対象として行った機能的磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging; fMRI) による脳機能イメージング実験では、機能的差分法で検出できないわずかな脳内の変化を、マルチボクセルパターン解析法 (multi voxel pattern analysis; MVP解析法) を用いて解析している。脳活動のパターンを学習させることで、活動パターンからどの硬さのパッドを触っているのかを予測できる脳領域をつきとめた。この解析法の応用も、これまで分離困難であった脳領域を同定するための工夫として評価できる点である。脳機能イメージング実験の結果、右半球の感覚運動野 (sensory motor cortex; SMC)、両側の前部頭頂間溝 (anterior intraparietal sulcus; aIPS)、頭頂弁蓋部 (parietal operculum; PO) と後頭側頭皮質 (occipito-temporal cortex; OTC) が関わっていることが判明した。後頭側頭皮質は高次の視覚領域で有線外皮質身体部位領域として知られる、身体の視覚情報を処理する領域である。この領域の活動は、鏡に映った左手指の動きの知覚を反映していると考えられる。頭頂弁蓋部や島皮質は、粗さ知覚などを処理する高次の触覚領域である。この領域の活動は、硬さ知覚に関連すると考えられる。また、前部頭頂間溝は、視覚や触覚を含む高次感覚野であるとともに、多感覚統合に関与する領域として知られている。以上のことから、前部頭頂間溝において、後頭側頭皮質から鏡に映った左手指の動きの視覚情報と、頭頂弁蓋部からの右手指からの触覚情報が統合され、右手指の硬さ知覚が生み出されると考えられる。これらの結果は、ヒトで特に発達した多感覚統合の脳内メカニズムを明らかにする重要な知見である。本研究結果は、国際学術誌に論文発表されている。

さまざまな工夫により問題点を解決しながら、目的を達成している点は研究者として高く評価できる。また、実験自体が他施設での共同実験であったが、さまざまな研究者と良好な関係を築きながら研究を遂行した点も研究者として高く評価できる。

本論文は博士 (理学) の学位論文として価値あるものと認める。また、令和2年1月17日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。